

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini menggunakan metode eksperimental (*experimental research*), yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Data yang diperoleh dari penelitian akan diolah, di analisa, dan dibandingkan dengan hasil hipotesis.

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Proses penelitian dilakukan dari bulan April 2017 sampai dengan selesai, bertempat di Laboratorium CNC Universitas Muhammadiyah Malang.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian kali ini dibagi menjadi 3, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi penyebab terjadinya perubahan pada variabel lain. Pada penelitian ini perlakuan yang termasuk sebagai variabel bebas adalah :

- Debit bahan bakar (Q_f)
- Debit udara (Q_a)

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

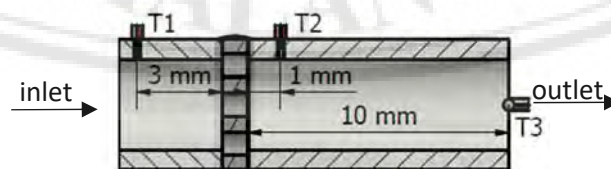
Variabel ini merupakan variabel yang menjadikan akibat akan adanya variabel bebas. Pada penelitian ini yang berperan sebagai variabel terikat antara lain :

- Batas stabilitas nyala api (*flammability limit*)
- Visualisasi bentuk nyala api
- Temperatur nyala api

3. Variabel kontrol (*control variable*)

Variabel kontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga konstan selama proses penelitian, dengan fungsi sebagai pemberi batasan masalah agar penelitian tidak meluas. Berikut adalah variabel kontrol yang nilainya dijaga tetap selama proses penelitian:

- Material *meso-scale combustor* menggunakan *quartz – glass tube* dengan *inner diameter* 3,5 mm.
- *Inlet* campuran bahan bakar menggunakan metode *premixed*.
- Ketebalan *flame holder* 1 mm, diameter 5 mm, dan material *stainlees steel*.
- Letak *probe thermocouple* pada *combustor* akan dijelaskan di bawah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Posisi *probe thermocouple* untuk pengambilan data temperatur. (Skala 3x)

- T₁ adalah temperatur di titik reaktan sebelum terbakar (dinding *combustor* 3 mm sebelum *flame holder*).
- T₂, titik tepat nyala api (dinding *combustor* 1 mm setelah *flame holder*).

- T_3 , temperatur gas buang pembakaran (*tube end combustor center diameter*).

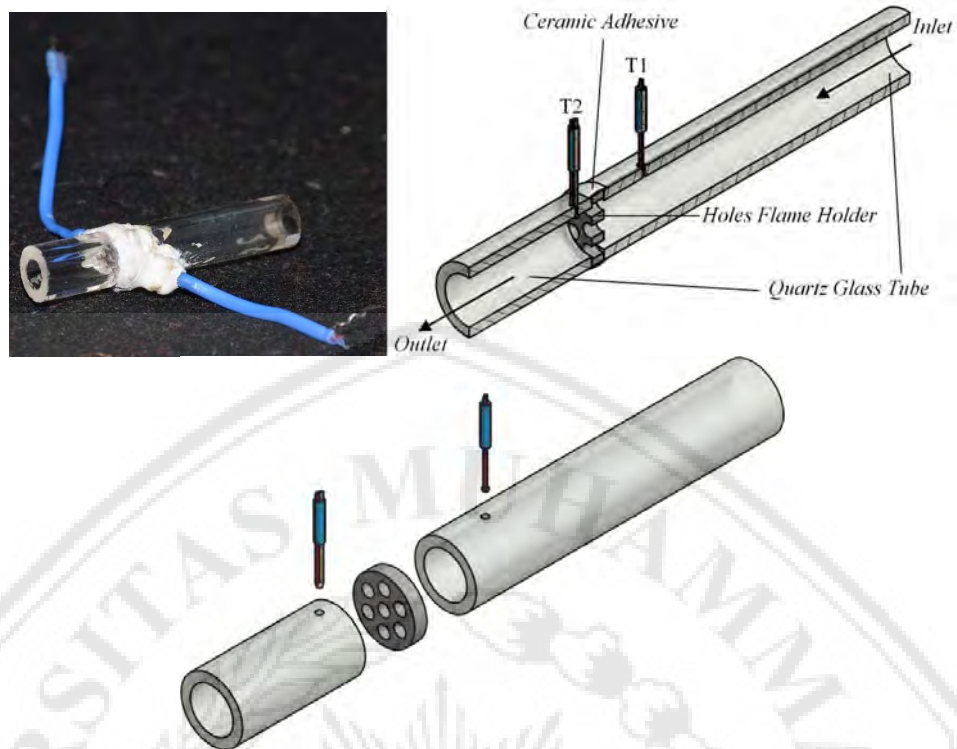
3.3 Peralatan Penelitian

1. *Mesoscale Combustor*

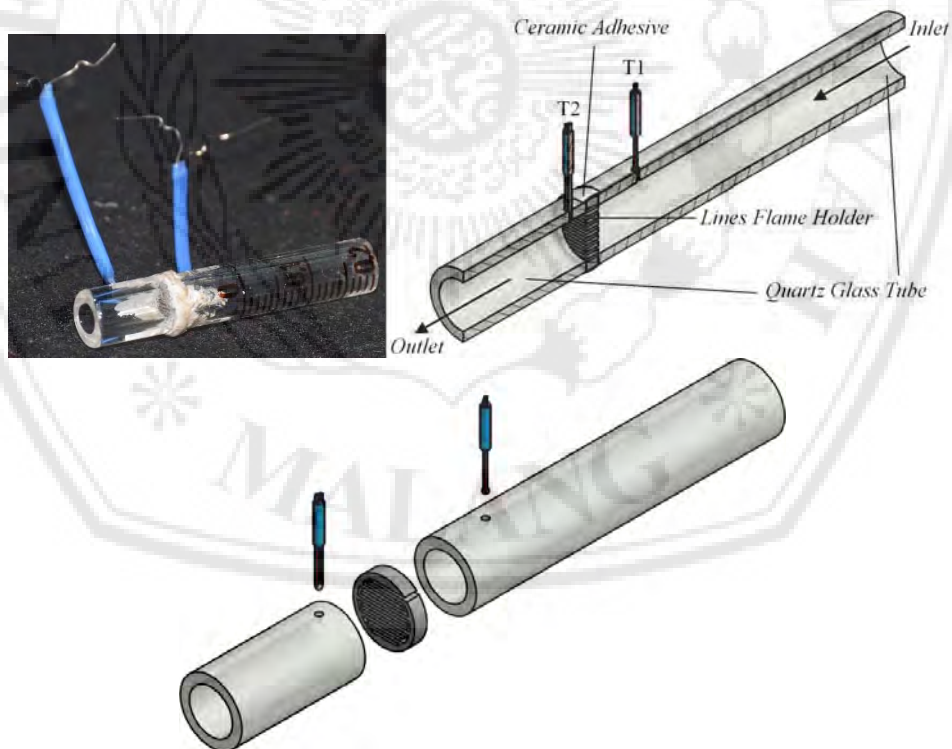
Mesoscale – combustor adalah alat utama yang digunakan pada penelitian ini. Pada *combsutor* akan terjadi proses pembakaran sehingga dapat mengamati nyala api di *combustion chamber*. Gambar 3.2 adalah konfigurasi *mesocale* dengan *flame holder wire mesh 60* secara detail. *Combustor* dengan *flame holder wire mesh* berfungsi sebagai referensi pembanding *flammability limit* dari penelitian sebelumnya.



Gambar 3.2. Foto, *section view* (Skala 2x), dan *explode view mesoscale combustor wire mesh 60* (Skala 2x).



Gambar 3.3. Foto, *section view* (Skala 2x), dan *explode view mesoscale combustor holes perforated plate* (Skala 2x).



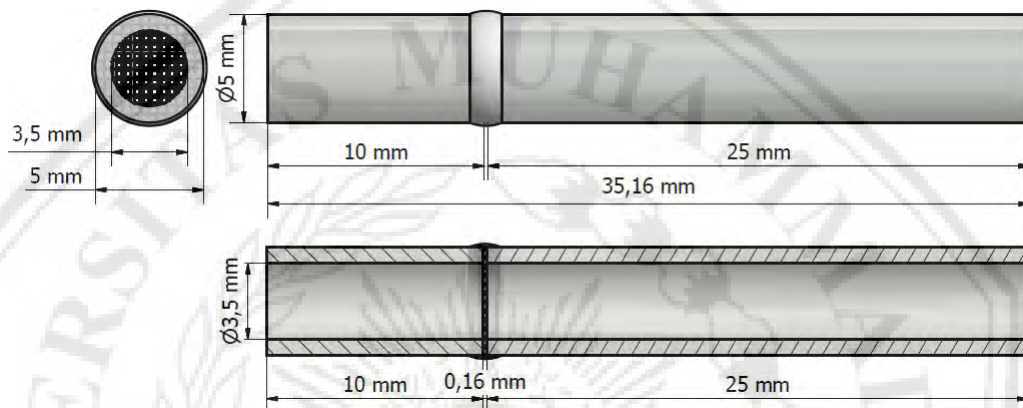
Gambar 3.4. Foto, *section view* (Skala 2x), dan *explode view mesoscale combustor lines perforated plate* (Skala 2x).

Sedangkan gambar 3.3 dan 3.4 menunjukkan foto *combustor* dan detail konfigurasi untuk *mesoscale holes flame holder* dan *lines flame*

holder. Pada dua variasi ini terdapat *probe thermocouple*, karena juga akan melakukan pengamatan visualisasi nyala api dan temperatur saat pembakaran terjadi.

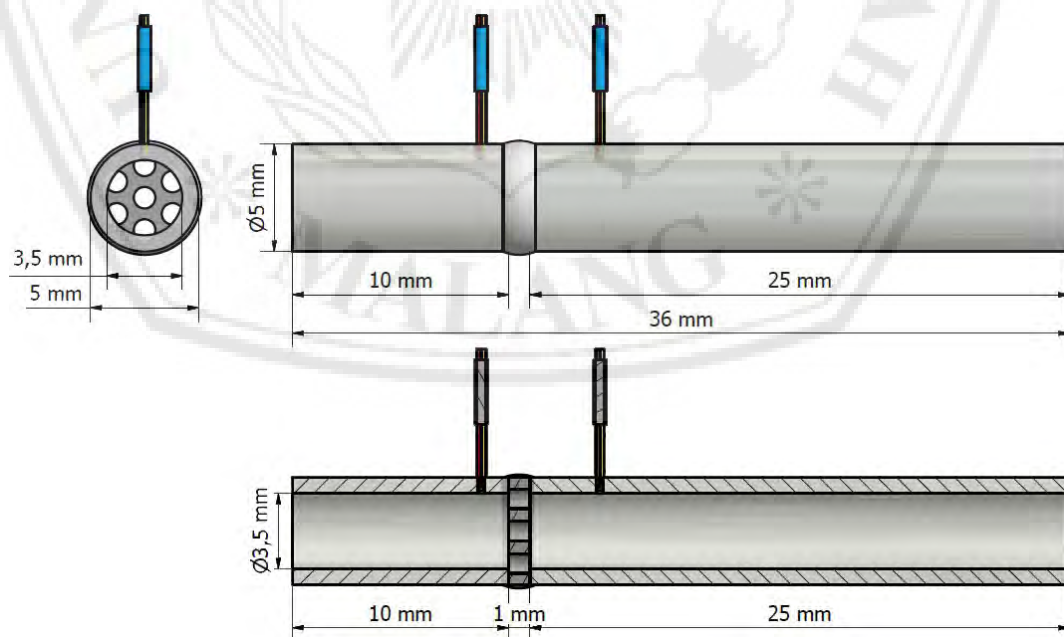
Inner diameter yang digunakan adalah 3,5 mm, karena diketahui nyala api pada diameter tersebut lebih mudah untuk distabilkan.

Gambar 3.5 adalah detail dimensi dengan *flame holder wire mesh*,.

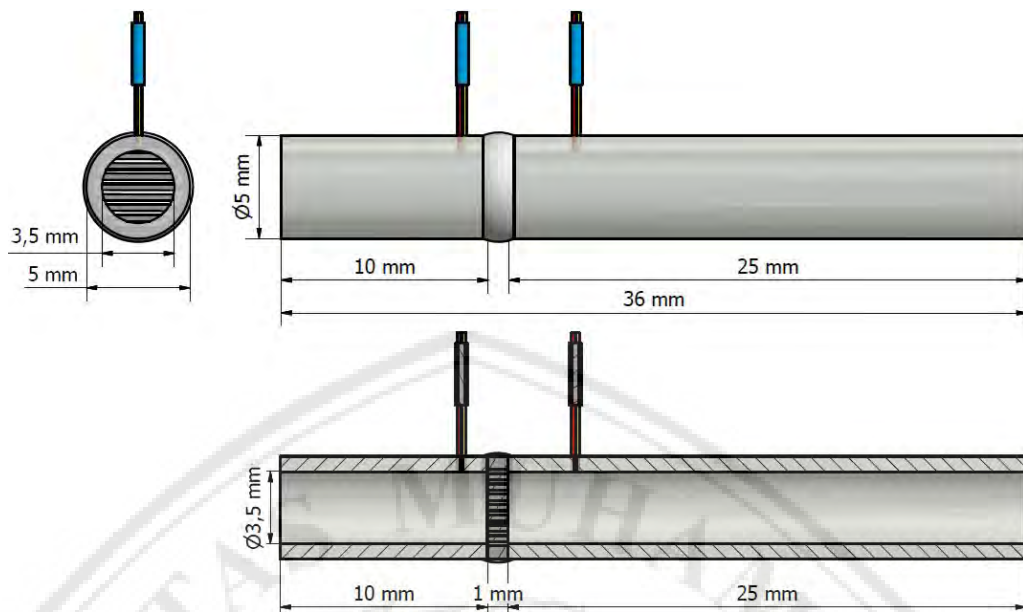


Gambar 3.5. Dimensi *mesoscale – combustor flame holder wire mesh 60* (Skala 2,5x).

Gambar 3.6 merupakan detail dimensi *mesoscale – combustor* dengan *flame holder holes perforated plate*.



Gambar 3.6. Dimensi *mesoscale – combustor flame holder holes* (Skala 2,5x).



Gambar 3.7. Dimensi *mesoscale – combustor flame holder lines* (Skala 2,5x).

Gambar 3.7 adalah detail dimensi *meso – combustor* dengan *flame holder holes perforated plate*.

Terdapat perbedaan pada panjang *combustor* karena pengaruh dari ketebalan *flame holder* yang digunakan.

2. Flame Holder

Fungsi *flame holder* sebagai *enhancer*, yaitu dengan meningkatkan perpindahan panas dari dinding *combustor* melalui gas yang sudah terbakar untuk membakar gas yang belum habis terbakar.

- **Holes**

Holes perforated plate terbuat dari bahan *stainless steel* dengan diameter 5 mm, terdiri atas 7 *holes* berukuran diameter 1 mm, dan jarak antar *holes* 0,5 mm, serta ketebalan *plate* 1 mm. Dengan menggunakan *flame holder* jenis *holes* akan memiliki luasan kontak sisi depan menjadi 5,15 mm² dan sisi yang akan dilewati oleh reaktan adalah 14,9 mm², sehingga mampu menghasilkan *blockage ratio* hingga 53,54%.



Gambar 3.8. *Holes Perforated Plate*

- ***Lines***



Gambar 3.9. *Lines Perforated Plate*

Spesifikasi *flame holder lines stainless steel* sebagai berikut, diameter 5 mm, tebal 1 mm, dan terdiri dari 8 lubang garis. Dengan dimensi tersebut *flame holder lines* mampu menghasilkan luasan sisi depan 5,83 mm² dan sisi yang akan dilewati reaktan 38,54 mm². Hal ini juga mampu meningkatkan *blockage ratio* menjadi 60,71%.

3. Lem keramik

Lem berfungsi untuk menyambung *quartz glass tube* dan *perforated plate* pada *mesoscale – combustor*. Fungsi lain dari penggunaan lem keramik sebagai isolator, mampu menurunkan peluang *heat loss* dari dinding *combustor* terhadap udara lingkungan sekitar.



Gambar 3.10. Lem keramik.

4. Butana

Butana sebagai bahan bakar yang akan digunakan penelitian pada *mesoscale – combustor*. Bahan bakar butana berwujud gas.



Gambar 3.11. Gas Butana.

5. Preheater

Berfungsi sebagai alat pemicu naiknya temperatur sekitar pembakaran (*preheating*), agar pembakaran awal pada *combustor* dapat terjadi.



Gambar 3.12. Preheater.

6. *Combustor holder (Travers)*

Alat ini berfungsi untuk penyangga *combustor* dan tempat duduk kamera saat pengambilan data.



Gambar 3.13. *Combustor holder (travers)*.

7. Kompresor

Kompresor berguna untuk penghasil udara pembakaran (oksidator) pada *mesoscale – combustor*. Udara yang dihasilkan adalah udara bebas.



Gambar 3.14. Kompresor

Spesifikasi :

- Merek : Modern
- Model : 8KD – 8L
- Volt : 220 V / 50 Hz
- RPM : 1350 rpm
- Tekanan *maximum* : 0,7 MPa
- Kapasitas tangki : 8 liter
- Daya : 550 watt / 0,75 HP
- Debit udara : 50 L/min
- Berat : 17 kg

8. *Flowmeter*

Digunakan untuk mengatur debit udara dan bahan bakar pada *mesoscale – combustor*.



Gambar 3.15. *Flowmeter*.

Spesifikasi :

Air Flowmeter :

- Merk : Kofloc
- Series : RK – 1250
- Jenis : *Flowmeter* udara
- Working pressure : 0,1 MPa
- Maximum flow : 500 ml/min
- Minimum flow : 50 ml/min
- Skala nonius : 5 ml/min

Fuel Flowmeter :

- Merk : Kofloc
- Series : RK – 1250
- Jenis : *Flowmeter* propana (C_3H_8)
- Working pressure : 0,1 MPa
- Maximum flow : 20 ml/min
- Minimum flow : 2 ml/min
- Skala nonius : 0,5 ml/min

9. *Thermocouple type K*

Alat yang digunakan untuk mengetahui temperatur pada *combustor*.

Thermocouple menggunakan tipe K, di mana *range* pengukuran $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $1260\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.16. Thermocouple type K.

10. Selang dan Y – connector

Selang merupakan tempat mengalirnya reaktan menuju *combustor*.

Y – connector berguna untuk mencampurkan (*premixed combustion*) antara bahan bakar dan gas oksidator menjadi satu selang ke *mesoscale – combustor*.



Gambar 3.17. Selang dan Y – connector.

11. Regulator Tabung Gas

Digunakan untuk mengalirkan bahan bakar dari tabung.



Gambar 3.18. Regulator tabung.

12. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk memberikan interval waktu selama penelitian, guna untuk memberikan kesempatan aliran reaktan untuk berada pada kondisi *steady – state*.



Gambar 3.19. Stopwatch

13. Kamera dan Adapter Lens (reverse ring)

Kamera digunakan untuk mengambil data visualisasi nyala api. *Reverse ring* berguna untuk membalik lensa DSLR bagian depan agar bisa menempel pada *body* kamera, sehingga hasil foto yang di dapat menjadi jenis *macro*. Cara ini sangat menghemat biaya penelitian agar tidak membeli lensa DSLR *macro* dengan harga yang cukup mahal.



Gambar 3.20. Kamera dan *reverse ring*.

3.4 Skema Instalasi Penelitian



Gambar 3.21. Skema instalasi penelitian

Keterangan :

- Kabel Thermocouple
- Saluran bahan bakar Butana
- Saluran udara (gas oksidator)
- Saluran premixed udara dan bahan bakar

Dari skema di atas (gambar 3.22) adalah rangkaian peralatan yang digunakan untuk penelitian. Bahan bakar pada *mesoscale - combustor* menggunakan butana dan debit bahan bakar diatur dengan *fuel flowmeter*. Udara sebagai gas oksidator disuplai ke *combustor* melalui kompresor, debit udara diatur menggunakan *air flowmeter*. Campuran bahan bakar dan gas oksidator akan digabungkan menjadi satu dengan *Y - connector*, dan akan diteruskan menuju *combustion chamber*.

Burner digunakan untuk menaikkan temperatur sekitar *combustor*, tujuan agar pembakaran dapat terjadi. *Thermocouple* bertugas untuk mengambil data temperatur yang terjadi saat pembakaran sedang berlangsung. Kamera adalah alat untuk mengambil data visualisasi nyala api pada *combustor*.

3.5 Metode Pengambilan Data

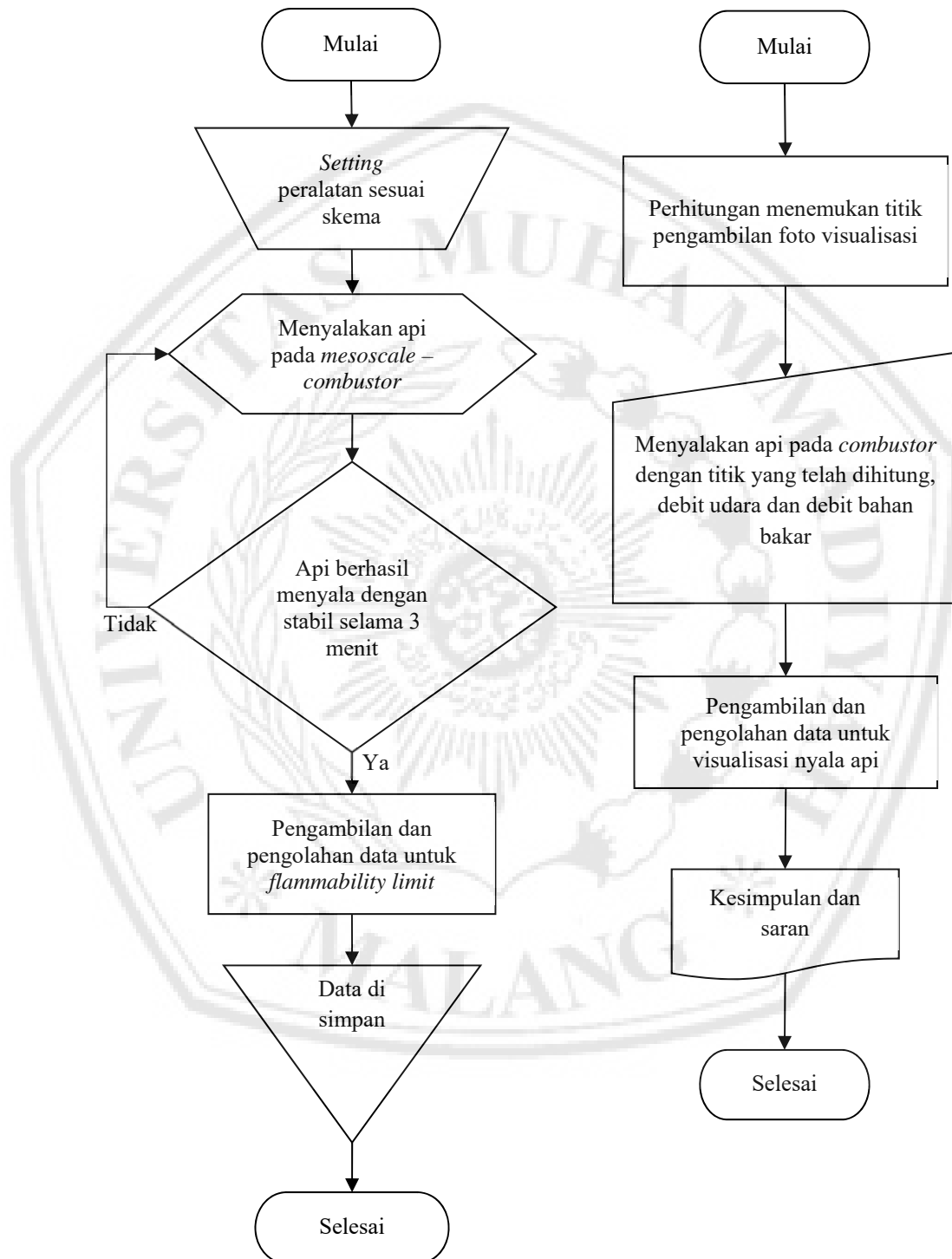
Urutan pengambilan pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut :

- Pengambilan data *flammability limit*.
 1. Menyiapkan *mesoscale – combustor* dan memastikan kondisi *combustor* dalam keadaan baik.
 2. Melakukan *setting* peralatan sesuai skema pada gambar 3.22.
 3. Membuka *valve* pada regulator tabung dan *valve* pada kompresor dengan tekanan *output* 0,1 MPa (1 bar).
 4. Mengatur debit udara pada *air flowmeter* dan debit bahan bakar pada *fuel flowmeter* mendekati nilai stoikiometri.
 5. Melakukan *preheating* menggunakan *burner* dengan cara memanaskan udara sekitar *tube – end combustor* agar api dapat menyala pada awal pembakaran.
 6. Melakukan pengamatan *flammability limit* selama 3 menit setelah nyala api masuk ke dalam *combustor* dan menempel pada *flame holder*.
 7. Mencatat nilai debit udara dan bahan bakar ketika nyala api tidak padam dan tetap menempel pada *flame holder* setelah 3 menit.

- Pengambilan data visualisasi nyala api.
 1. Melakukan perhitungan untuk menemukan titik visualisasi nyala api di sekitar *flammability limit* yang telah terbentuk.
 2. Melakukan *setting* debit udara pada *air flowmeter* dan debit bahan bakar pada *fuel flowmeter* dari hasil perhitungan *flammability limit*.
 3. Memberikan interval 3 menit setelah nyala api stabil di dekat *flame holder*, dan melakukan pengambilan data visualisasi nyala api
 4. Melakukan pengambilan visualisasi api menggunakan dua kamera, yang akan diletakkan di sisi depan *combustor* dan sisi samping *combustor*.
 5. Mencatat angka yang dihasilkan dari *thermocouple* untuk temperatur T₁ (3 mm sebelum *flame holder*), T₂ (1 mm setelah *flame holder*), dan T₃ (*center diameter tube – end combustor*) pada *mesoscale – combustor*.

3.6 Flowchart Penelitian

- Terdapat dua alur pengambilan data pada penelitian ini, *flammability limit* dan visualisasi nyala api.



Gambar 3.22. Flowchart *flammability limit*

Gambar 3.23. Flowchart visualisasi nyala api